



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 195 19 663 A 1

(51) Int. Cl. 6:  
**F02B 1/12**  
F 02 B 3/10

DE 195 19 663 A 1

(21) Aktenzeichen: 195 19 663.5  
(22) Anmeldetag: 30. 5. 95  
(43) Offenlegungstag: 15. 5. 96

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

(71) Anmelder:

Daimler-Benz Aktiengesellschaft, 70567 Stuttgart,  
DE

(72) Erfinder:

Schmidt, Karlwalter, Dipl.-Ing., 88131 Lindau, DE;  
Krämer, Michael, Dr.-Ing., 73274 Notzingen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren zum Betrieb eines Verbrennungsmotors mit Selbstzündung

(57) Es ist bekannt, in einer ersten Stufe ein homogenes, nicht selbstzündend vorverdichtetes Kraftstoff/Luft-Gemisch im Arbeitsraum bereitzustellen und in einer zweiten Stufe eine Zusatzmenge desselben Kraftstoffs in den Arbeitsraum einzuspritzen, um die Selbstzündung herbeizuführen. Es wird ein derartiges Verfahren vorgeschlagen, bei dem in der ersten Stufe die Bereitstellung des Kraftstoff/Luft-Gemisches durch Bereitstellung des Gemischs mittels äußerer Gemischbildung sowie Einleitung desselben in den Arbeitsraum und Verdichtung bis nahe an den Selbstentzündungspunkt erfolgt, und bei dem in der zweiten Stufe die Einspritzung der Zusatzmenge fein zerstäubt unter Vermeidung von Wandberührungen und unter Bildung einer Gemischwolke erfolgt, in der einerseits das Kraftstoff/Luft-Verhältnis nicht größer als das stöchiometrische Mischungsverhältnis ist und in der andererseits die Selbstzündungsbedingung erreicht wird. Dies stellt ein Verbrennungsverfahren mit geringem Kraftstoffverbrauch, geringer Schadstoffemission und guter Steuerbarkeit des Zündzeitpunktes zur Verfügung.

Verwendung beispielsweise für Kraftfahrzeuge.

DE 195 19 663 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 03. 96 602 020/398

8/27

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betrieb eines Verbrennungsmotors mit Selbstzündung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Es ist bekannt, die Selbstzündung eines im Arbeitsraum vorverdichteten Kraftstoff/Luft-Gemischs dadurch auszulösen, daß ein gegenüber dem bereits im Arbeitsraum befindlichen Kraftstoff zündwilliger Kraftstoff in einen zusätzlichen Hilfsraum, siehe die deutschen Patentschriften 481 070 und 898 094, oder in den Arbeitsraum selbst, siehe die deutsche Patentschrift 332 524 und die deutsche Auslegeschrift 1 020 484, eingespritzt wird. In der Patentschrift 898 094 wird zusätzlich vorgeschlagen, das vorzuverdichtende Gemisch mit dem weniger zündwilligen Kraftstoff bereits außerhalb des Arbeitsraums, d. h. durch äußere Gemischbildung, in der Saugleitung eines vorgeschalteten Ladegebläses zu bereiten. In der Auslegeschrift 1 020 484 wird als den Verbrennungsvorgang fördernde Maßnahme vorgeschlagen, den zündwilligeren Kraftstoff gerichtet auf die heißen Teile im Arbeitsraum, z. B. auf Auslaßventile, aufzuspritzen. Gemeinsam ist diesen Verfahren die Notwendigkeit, zwei unterschiedliche Kraftstoffe bereithalten zu müssen.

In der deutschen Patentschrift 326 994 wird vorgeschlagen, das bis vor den Selbstentzündungspunkt vorverdichtete Kraftstoff/Luft-Gemisch dadurch zur Selbstzündung zu bringen, daß es plötzlich mit einer hohen Zusatzpression beaufschlagt wird, so daß die Temperatur im Arbeitsraum die Selbstentzündungstemperatur erreicht. Zur Erzielung der Zusatzpression ist dort die Ausrüstung des Motorarbeitszyinders mit einem zusätzlichen Hilfskolben offenbart, der im Totpunkt oder kurz vor Erreichen oder kurz nach überschreiten desselben schlagartig unter Verringerung des Arbeitsraumvolumens vorgeschnellt werden kann.

In der deutschen Patentschrift 895 393 wird ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem im Arbeitsraum ein sehr mageres, relativ wenig zündwilliges Kraftstoff/Luft-Gemisch oder Frischluft einem überreichen, ebenfalls relativ wenig zündwilligen Kraftstoff/Luft-Gemisch derart angelagert wird, daß in der Grenzzone zwischen den beiden Gemischen ein zündwilligeres und daher bei Verdichtung selbstzündendes Gemisch entsteht. Dabei wird für beide Gemische jeweils dieselbe Kraftstoff verwendet. Bevorzugt werden das sehr magere Gemisch im Arbeitsraum und das überreiche Gemisch in einem mit diesem in Verbindung stehenden Hilfsraum bereitet, jedoch kann letzteres auch im Arbeitsraum selbst durch Einspritzen von Kraftstoff bereitstehen.

Ein gattungsgemäßes Verfahren ist aus der deutschen Patentschrift 287 366 bekannt. Bei diesem Verfahren wird zunächst während einer noch weit vom oberen Totpunkt entfernten Kolbenhubphase Kraftstoff über eine Einspritzdüse in den gesamten Arbeitsraum verteilt eingespritzt. In einer anschließenden Kolbenhubphase wird dann der zuvor mechanisch zerstäubt in den Arbeitsraum eingebrachte Kraftstoff zur Erzielung eines homogenen Kraft/Luft-Gemischs verdampft, wobei die Verdampfungswärme dem Arbeitsraum bzw. dem diesen begrenzenden Wandungen entzogen wird. Vor Erreichen des Totpunktes wird dann die Zusatzmenge desselben Kraftstoffs über dieselbe Düse eingespritzt. Dabei wird das Gemisch im Arbeitsraum während der weiteren Kompressionssteigerung bis zur Erzeugung des günstigsten Mischungsverhältnisses mit Kraftstoff angereichert, wobei nahe dem oberen Totpunkt des Kol-

bens die Selbstzündung eintritt. Bei diesem Verfahren ist die genaue Steuerung des Zündzeitpunktes unter anderem deshalb schwierig, weil die Gemischbildung in der ersten Stufe im Arbeitsraum selbst stattfindet und daher diesem die Verdampfungswärme entzogen wird, was die Einstellung einer definierten Anfangstemperatur zu Beginn der Verdichtung erschwert. Diese Anfangstemperatur bestimmt jedoch die Endtemperatur in Totpunktähnlichkeit, die wiederum für das Erreichen der Selbstzündung maßgebend ist. Zudem kann es bei dieser gewählten Art der Kraftstoffeinspritzung zu unerwünschten Kraftstoffniederschlägen an den Wandungen kommen, die den Arbeitsraum begrenzen. Durch die Verwendung der gleichen Einspritzdüse für die Einspritzung der Kraftstoffzusatzmenge in Totpunktähnlichkeit wie für die Kraftstoffhauptmenge erfolgt erstere zwangsläufig mit derselben Einspritzcharakteristik, die zu merklicher Wandberührung von Kraftstoff Anlaß gibt. Insgesamt resultiert dies in einem vergleichsweise hohen Kraftstoffverbrauch und HG Emissionen im Abgas.

Der Erfindung liegt als technisches Problem die Bereitstellung eines Verfahrens der eingangs genannten Art zugrunde, mit der bei verhältnismäßig geringem technischem Aufwand ein Verbrennungsmotor mit Selbstzündung bei gegebener Leistung relativ verbrauchs- und schadstoffarm betrieben werden kann.

Dieses Problem wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Die Verwendung desselben Kraftstoffs sowohl zur Bereitung des vorverdichteten Kraftstoff/Luft-Gemischs als auch für die Zusatzmenge zur Bewirkung der Selbstzündung hat den Vorteil, daß nur eine einzige Kraftstoffsorte bereitgestellt werden muß, was insbesondere für die Verwendung in Kraftfahrzeugen erstrebenswert ist. Durch die Bereitstellung des homogenen Kraftstoff/Luft-Gemischs mittels äußerer Gemischbildung läßt sich die Anfangstemperatur des danach in den Arbeitsraum eingeleiteten Gemischs vor dessen Verdichtung sehr genau steuern. Dies hat wiederum zur Folge, daß auch die Endtemperatur gegen Ende der Vorverdichtungsphase sehr genau eingestellt werden kann, so daß die Vorverdichtung bis zu einem Punkt sehr nahe am Selbstentzündungspunkt erfolgen kann, ohne daß die Gefahr einer verfrühten Selbstzündung besteht. Denn die Verdampfungswärme wird bei dieser äußeren Gemischbildung Bauteilen außerhalb des Arbeitsraums und damit nicht dem Arbeitsraum selbst oder den diesen begrenzenden Wandungen entzogen. Bei dieser als solche bekannten äußeren Gemischbildung erfolgt die Zugabe des Kraftstoffs in das Ansaugrohr. Zur Lösung der Selbstzündung wird die Kraftstoffzusatzmenge fein zerstäubt unter Vermeidung von Wandberührungen derart eingespritzt, daß sich eine Gemischwolke bildet, in der einerseits das Kraftstoff/Luft-Verhältnis nicht fetter als das stöchiometrische Mischungsverhältnis ist, so daß unnötiger Kraftstoffverbrauch vermieden wird, in der aber andererseits die Selbstzündungsbedingung erreicht wird. Letzterer Eigenschaft liegt die Tatsache zugrunde, daß die Zündwilligkeit eines mageren, d. h. unterstöchiometrischen Kraftstoff/Luft-Gemischs bei Annäherung an das stöchiometrische Verhältnis ansteigt. Die eingespritzte Zusatzmenge, die durch die Düse und die Einspritzparameter bestimmte Form der Gemischwolke und der Kraftstoffanteil in derselben sind dabei jeweils abhängig von der konkreten Motorart und Motorgeometrie geeignet zu wählen, um die Selbstzündung zum

gewünschten Zeitpunkt zu erreichen. Dies ist dem Fachmann ohne weiteres durch entsprechende Motorabstimmung möglich. Die Vermeidung von Wandberührungen durch den zusätzlich eingespritzten Kraftstoff verhindert die damit einhergehenden, unerwünschten Effekte, wie erhöhter Kraftstoffverbrauch und erhöhte Verschleißanfälligkeit sowie Abgas-HG-Emissionen. Die Erzeugung der charakteristischen Gemischwolke hat zur Folge, daß in dieser die Selbstzündung eintritt, wodurch eine Druckwelle entsteht, die sich rasch über den gesamten Arbeitsraum fortpflanzt. In dieser Stoßwelle, die sich mit Schallgeschwindigkeit über den gesamten Arbeitsraum fortpflanzt, wird durch den erhöhten Druck auch für das magerere, vorverdichtete Kraftstoff/Luft-Gemisch außerhalb der Wolke die Selbstzündungsbedingung erreicht, so daß ein rascher und gleichmäßiger Verbrennungsvorgang des Kraftstoffs im Arbeitsraum ohne unverbrannten Kraftstoff und ohne merkliche Rußbildung erzielt wird.

In Weiterbildung der Erfindung wird nach Anspruch 2 die Kraftstoffzusatzmenge jedenfalls kleiner gehalten als die Nullastmenge des Motors, d. h. kleiner als diejenige Kraftstoffmenge, die der Motor zum Betrieb ohne Last benötigt. Damit wird sichergestellt, daß bei Nullast auch im Saugrohr für das homogene Gemisch schon eine Kraftstoffmenge  $> 0$  eingebracht wird.

Durch eine in Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 3 vorgesehene Luftvorerwärmung kann eine erhöhte Anfangstemperatur für das vorzuverdichtende Kraftstoff/Luft-Gemisch bereitgestellt werden, wodurch ein zuverlässiger Motorbetrieb auch in instationären Zuständen mit variabler Last oder sich ändernder Motortemperatur problemlos erreicht wird. Beispielsweise kann die Luftvorerwärmung gesteuert mittels eines Ladeluftkühlers erfolgen.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird nachfolgend beschrieben. Hierbei zeigen:

Fig. 1 eine schematische Seitenansicht aus dem Bereich eines Arbeitsraums eines Verbrennungsmotors mit Selbstzündung zu einem Zeitpunkt nahe des Selbstzündungszeitpunktes und

Fig. 2 ein Diagramm des Verlaufs des Drucks im Arbeitsraum als Funktion des Kurbelwinkels für die Anordnung von Fig. 1.

Der in Fig. 1 lediglich mit seinen hier wesentlichen Komponenten schematisch gezeigte Verbrennungsmotor arbeitet nach dem Selbstzündungsprinzip und eignet sich beispielsweise als Kraftfahrzeugantrieb. Der Motor enthält mehrere Zylinder, von denen einer in seinem oberen Bereich gezeigt ist, wobei das Zylindergehäuse (10) und der zugehörige Arbeitskolben (11), der in der Nähe seiner oberen Totpunktstellung gezeigt ist, einen Arbeitsraum (18) begrenzen. An der Zylinderoberseite (13) mündet über ein Einlaßventil (14) ein Ansaugrohr (15) in den Arbeitsraum (18). Im Ansaugrohr (15) wird eine herkömmliche und daher hier nicht näher zu erläuternde äußere Gemischbildung durchgeführt, indem durch Zugabe von Kraftstoff (17) zur angesaugten Luft (16), wie angedeutet, ein Kraftstoff/Luft-Gemisch bereitet wird, das dann über das Einlaßventil (14) in den Arbeitsraum (18) gelangt. Dabei wird warme Luft (16) in nicht näher gezeichter, herkömmlicher Weise über einen Ladeluftkühler mit Bypass gesteuert temperiert, so daß unabhängig vom jeweiligen momentanen Motorbetriebszustand stets eine etwa konstante Temperatur des in den Arbeitsraum (18) eintretenden Kraftstoff/Luft-Gemischs erreicht wird. Mittig an der Zylinderoberseite

(13) ist eine Düse (20) mit zugehöriger Zuleitung (19) angeordnet, über die Kraftstoff in fein zerstäubter Form derart eingespritzt werden kann, daß sich eine kegelförmige Gemischwolke (21) bildet, welche die den Arbeitsraum (18) begrenzenden Wandungen auch in der Umgebung der oberen Totpunktstellung des Arbeitskolbens (11) nicht berührt. Dabei ist der Arbeitskolben (11) mit einer Ausnehmung (12) versehen, so daß die Gemischwolke (21) einen ausreichenden Abstand zur gegenüberliegenden Begrenzungswandung des Arbeitskolbens (11) einhält.

Anhand der Fig. 2, die als Diagramm mit willkürlichen Einheiten den im Arbeitsraum (18) herrschenden Druck ( $p_A$ ) in Abhängigkeit vom Winkel ( $^\circ$ ) der zum Arbeitskolben (11) gehörigen, nicht gezeigten Kurbel wieder gibt, wird das Arbeitsverfahren für den Motor nachfolgend näher erläutert. Zunächst wird durch die genannte äußere Gemischbildung ein homogenes, mageres Kraftstoff/Luft-Gemisch im Saugrohr (15) bereitet und über das Einlaßventil (14) in den Arbeitsraum (18) gesaugt. Dort wird es anschließend in einer mit (1) bezeichneten Phase relativ hoch bis zu einem Druck ( $p_{AE}$ ) verdichtet, der vergleichsweise nahe unterhalb desjenigen Druckwertes ( $p_{AS}$ ) liegt, bei dem unter den gegebenen Bedingungen Selbstzündung eintreten würde. Gegen Ende dieser Verdichtungsphase (1) wird ab einem geeigneten gewählten Kurbelwinkel ( $^\circ A$ ) mit der Einspritzung der Kraftstoffzusatzmenge über die Einspritzdüse (20) begonnen. Es bildet sich dadurch die Gemischwolke (21) aus, deren Kraftstoffanteil sich aus demjenigen des bereits im Arbeitsraum (18) vorhandenen, mageren Kraftstoff/Luft-Gemischs zuzüglich des zusätzlich eingespritzten Kraftstoffs ergibt.

Die den geschilderten Vorgang bestimmenden Parameter, wie Motorgeometrie, Luftvorwärmung und Verlauf der Kraftstoffzusatz einspritzung, sind so abgestimmt, daß die Gemischwolke (21) nicht die den Arbeitsraum (18) umgebenden Wandungen berührt und daß das Kraftstoff/Luft-Verhältnis nicht größer als das stöchiometrische Mischungsverhältnis in der Gemischwolke (21), jedoch andererseits um so viel größer als dasjenige des magereren Gemisches im Arbeitsraums (18) außerhalb der Gemischwolke (21) ist, daß für die Gemischwolke (21) die Selbstzündungsbedingung erreicht wird. Dieser Effekt nutzt die Tatsache aus, daß die Zündwilligkeit eines mageren Kraftstoff/Luft-Gemischs mit gegenüber dem stöchiometrischen Mischungsverhältnis kleinerem Kraftstoff/Luft-Verhältnis ist mit Annäherung des Kraftstoff/Luft-Verhältnisses an das stöchiometrische Mischungsverhältnis ansteigt. Durch die geeignete Abstimmung und Steuerung der diesen Selbstzündungsvorgang bestimmenden Parameter läßt sich außerdem der Zeitpunkt der Selbstzündungsauslösung, d. h. der entsprechende Kurbelwinkel ( $^\circ s$ ), optimal einstellen, wobei dieser optimale Zeitpunkt in den meisten Fällen sehr kurz vor Erreichen des oberen Totpunktes liegt, dem in Fig. 2 der obere Kurbeltotpunktswinkel ( $^\circ T$ ) entspricht.

Während ohne eintretende Selbstzündung der Arbeitsraumdruck ( $p_A$ ) nur noch geringfügig bis zu einem Maximum im oberen Totpunkt ( $^\circ T$ ) ansteigen und dann wieder abfallen würde, wie durch die gestrichelte Linie (2) angedeutet, tritt nun in einer an die Selbstzündung der Gemischwolke (21) anschließenden Phase (3) durch diesen Effekt eine weitere Druckerhöhung auf. In dieser Phase (3) breitet sich die zur Gemischwolken-selbstzündung gehörige Stoßwelle mit Schallgeschwindigkeit aus. Dies führt dazu, daß zu einem gewissen

Zeitpunkt kurz nach der oberen Totpunktage ( ${}^{\circ}\tau$ ) bei einem höheren Kurbelwinkel ( ${}^{\circ}M$ ) der Druck im Arbeitsraum (18) auf denjenigen (p<sub>AS</sub>) ansteigt, bei dem auch für das magere Kraftstoff/Luft-Gemisch im Arbeitsraum (18) außerhalb der Gemischwolke (21) die Selbstzündungsbedingung erreicht wird. Dadurch erfolgt nun in einer anschließenden Phase (4) der eigentliche Verbrennungsvorgang des gesamten Kraftstoffs im Arbeitsraum (18) entsprechend dem gezeigten Drucküberhöhungsvorlauf. Der Schwerpunkt der Verbrennung liegt etwa auf der Hälfte des Druckanstiegs während des eigentlichen Verbrennungsvorgangs (4) und das Brennende liegt kurz hinter dem Druckmaximum. Der Arbeitakt läuft dann in üblicher Weise weiter, was hier keiner weiteren Erörterung bedarf.

Das geschilderte Verfahren ergibt einen insgesamt sehr vorteilhaften Verbrennungsvorgang für einen Verbrennungsmotor mit Selbstzündung eines homogenen Kraftstoff/Luft-Gemisches. Ein entscheidender Vorteil des Verfahrens liegt in der guten Steuerbarkeit des Zeitpunkts der Selbstzündung der Gemischwolke (21) und damit auch der anschließenden Selbstzündung des gesamten Kraftstoffs im Arbeitsraum (18), was der Steuerbarkeit des zeitlichen Schwerpunkts der freigesetzten Wärmemenge entspricht. Die an sich bereits bekannten, hervorragenden Eigenschaften einer derartigen Verbrennung eines mageren Gemisches sind damit nun auch problemlos für instationären Motorbetrieb nutzbar. Denn wegen der Schnelligkeit der Verbrennung bei Selbstzündung homogener Gemische sollte diese zuverlässig innerhalb eines kleinen Winkelbereichs nach dem oberen Totpunkt ( ${}^{\circ}\tau$ ) stattfinden. Ein zu nahe am oberen Totpunkt ( ${}^{\circ}\tau$ ) liegender Zeitpunkt führt zu übermäßig hohen Drücken und Temperaturen, die das Triebwerk belasten und die Wärmeverluste aus dem Brenngas an die Arbeitsraumwände ansteigen lassen. Liegt der Zeitpunkt zu weit nach dem oberen Totpunkt, kommt die Verbrennung nicht mehr zustande. Diese Anforderungen der genauen Zündzeitpunkteinstellung für ein selbstzündendes, homogenes Kraftstoff/Luft-Gemisch werden durch das erfundengemäßige Verfahren sehr gut erfüllt. Das Verfahren stellt eine vielversprechende Lösung der Probleme dar, die eine Anwendung des Prinzips der Selbstzündung homogener Kraftstoff/Luft-Gemische gerade bei instationär betriebenen Motoren bisher wenig praktikabel machten. Insbesondere entfällt die Notwendigkeit einer äußerst genauen Einstellung der Gemischtemperatur zu Beginn der Kompression, da das anfängliche Gemisch nur bis vor den Selbstzündungspunkt verdichtet und die Selbstzündung anschließend durch die Gemischwolke ausgelöst wird. Dies macht gleichzeitig unabhängiger von komplexen und nur schwer erfassbaren lastabhängigen Wärmeinflüssen von den Arbeitsraumwänden auf das Gemisch während der Kompression.

Als weiterer Vorteil besitzt das erfundengemäßige Verbrennungsverfahren einen extrem guten Wirkungsgrad, da aufgrund minimaler Brenngasbewegung während der Verbrennung bei gleichzeitig hoher Verdichtung nur wenig Wandwärmeverluste und außerdem durch die Möglichkeit, wie beim Dieselmotor mit einer Qualitätsregelung fahren zu können, nur vernachlässigbare Ladungswechselverluste bei Teillast auftreten. Zudem entstehen bei diesem Verfahren vergleichsweise wenig Abgasschadstoffe, wie Kohlenmonoxid, unverbrannte Kohlenwasserstoffe, Stickoxide und Ruß. Die Anteile an Kohlenmonoxid und unverbranntem Kohlenwasserstoff im Abgas sind bei Verbrennung magerer

Gemische von sich aus gering. Die Stickoxidemission entsteht in nennenswertem Umfang erst bei Temperaturen oberhalb von 1.500°C. Durch die verfahrensgemäße Selbstzündung wird die Wärme den Brenngasen überall gleichzeitig zugeführt. Im Arbeitsraum gibt es im Gegensatz zum Otto- und Dieselfahrverfahren keine heiße Zone, in der gerade Verbrennung stattfindet oder stattgefunden hat, mit gleichzeitigen kalten Zonen, in denen noch keine Verbrennung stattfand. Die Wärme wird durch die im gesamten Arbeitsraum vergleichsweise gleichzeitig ausgelöste und ablaufende Verbrennung den Brenngasen synchron zugeführt. Bei mageren Gemischen werden dabei auch die überschüssigen Luftanteile synchron mit aufgeheizt. Dies hat zur Folge, daß die Gastemperaturen mit magerer werdendem Gemisch immer niedriger werden, so daß bei einem Lambdawert größer ungefähr zwei die Brenngastemperatur die Grenze von 1.500°C unterschreitet, wodurch dann auch eine sehr geringe Stickoxidemission erzielt wird. Die eingespritzte Kraftstoffzusatzmenge bleibt dabei stets unterhalb der Nullastmenge des jeweiligen Motors, so daß gewährleistet ist, daß auch in Nullastbetriebsphasen nicht zu viel Kraftstoff verbraucht wird. Beim erfundengemäßigen Verfahren sind die Anforderungen an die Einstellung der Ansauglufttemperatur auf die Anpassung an langsame Vorgänge wie Außentemperaturänderung und Motorwarmlauftemperaturen beschränkt, während die schnellen Einflüsse auf den Selbstzündungszeitpunkt, wie sie bei instationärem Betrieb auftreten, durch die zweite Verdichtungsstufe mit Bildung und Selbstzündung der Gemischwolke gesteuert werden können.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Verbrennungsmotors mit Selbstzündung, bei dem

- in einer ersten Stufe ein homogenes, nicht selbstzündend vorverdichtetes Kraftstoff/Luft-Gemisch im Arbeitsraum (18) bereitgestellt wird und

- in einer zweiten Stufe eine Zusatzmenge desselben Kraftstoffs in den Arbeitsraum eingespritzt wird, um die Selbstzündung herbeizuführen,

dadurch gekennzeichnet, daß

- die erste Stufe die Bereitung eines homogenen Kraftstoff/Luft-Gemisches durch äußere Gemischbildung sowie die Einleitung desselben in den Arbeitsraum (18) und anschließende Verdichtung bis nahe an den Selbstentzündungspunkt beinhaltet und

- in der zweiten Stufe die Einspritzung der Zusatzmenge fein zerstäubt unter Vermeidung von Wandberührungen und unter Bildung einer Gemischwolke (21) erfolgt, in der einerseits das Kraftstoff/Luft-Verhältnis nicht größer als das stöchiometrische Mischungsverhältnis ist und in der andererseits die Selbstzündungsbedingung erreicht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, weiter dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatzmenge kleiner als die Nullastmenge des Motors gewählt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, weiter dadurch gekennzeichnet, daß die zur äußeren Gemischbildung verwendete Luft vorerwärm wird.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

**- Leerseite -**

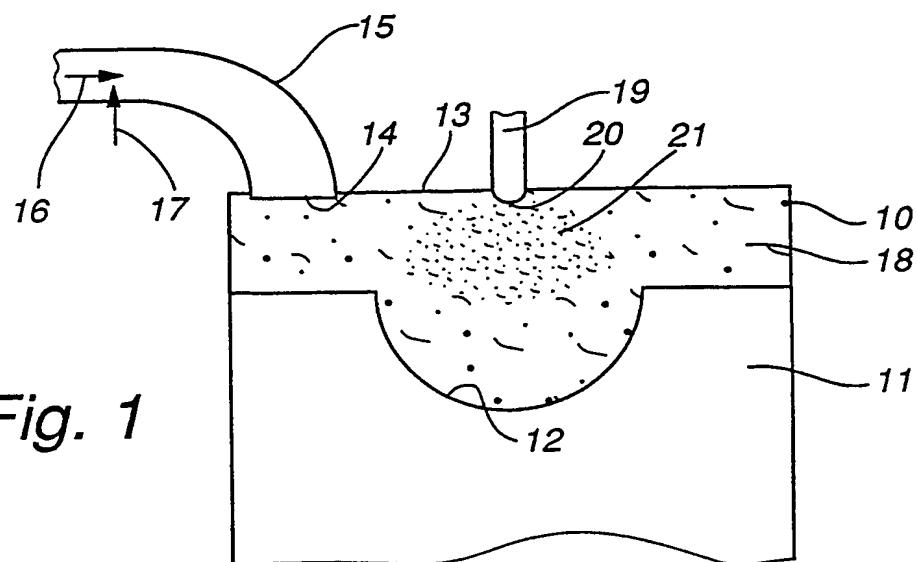


Fig. 1

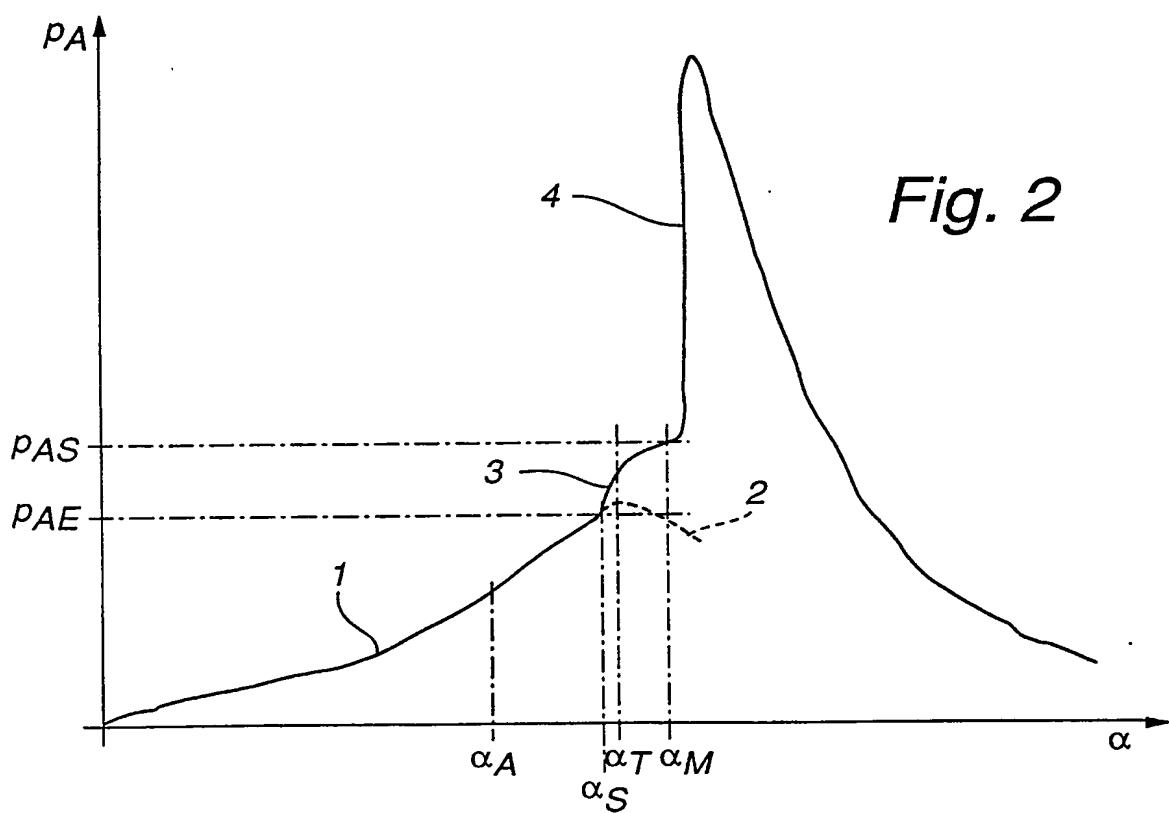


Fig. 2